

# 고체침지렌즈 기반의 근접장 기록 시스템에서 퍼지 알고리즘을 이용한 안전 모드

## Safety Mode using Fuzzy Algorithm for SIL-based Near-Field Recording System

황현우\*·신원호\*·김중곤\*\*·박경수\*·박노철\*·양현석†·박영필\*

H. W. Hwang, W.H. Shin, J. G. Kim, K.S. Park, N. C. Park, H. S. Yang, and Y. P. Park

### 1. 서 론

근접장 기록은 광원의 파장 1/4 이하의 영역에서 발생하는 에바네스цент파(evanescent wave)를 이용하여 빛의 회절한계 이하로 고밀도 기록을 한다. 따라서 효과적인 기록 및 재생을 위해 고체침지렌즈와 미디어 사이의 간극을 100 nm 이하로 유지하도록 하고 있다. 고체침지렌즈와 미디어 사이의 간극이 매우 좁기 때문에 외부 충격 등에 의해 항상 충돌의 가능성이 존재한다. 따라서 외부에서 충격이 시스템에 인가 되었을 때 상황에 따라 간극을 유지할 수 있도록 하는 강건한 대충격 제어에 대한 연구와 고체침지렌즈를 초기 위치로 이동시켜 미디어와 고체침지렌즈 간의 충돌을 방지하는 안전모드에 대한 연구가 계속 진행되고 있다[1-3]. 기존의 안전모드는 간극이나 외부 충격의 크기에 의해서만 작동을 하기 때문에 외부 충격 인가 시 안전모드의 반응이 조금이라도 늦거나 초기에 충격의 크기와 지속시간을 예측하지 못하면 충돌의 가능성이 커진다.

본 논문에서는 퍼지 알고리즘을 적용한 안전모드에 대하여 제안을 하였다. 퍼지 알고리즘은 복잡한 수학적 모델에 의존하지 않고도 실제실험 또는 모의실험의 자료를 통해서 안전모드 작동에 필요한 퍼지 기본 규칙들을 유도해 낼 수가 있다[4]. 따라서 충격의 지속시간과 충격량에 대한 퍼지 기본 규칙을 만들어 효과적으로 안전모드를 작동시키도록 하였다. 실험을 통해 퍼지 알고리즘을 적용한 안전모드가 기존 안전모드에 비해서 다양한 외부 충격에 대하여 보다 유연한 성능을 가지고 있음을 확인하였다.

### 2. 퍼지 알고리즘 설계

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과  
E-mail : hsyang@yonsei.ac.kr  
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460  
\* 연세대학교 기계공학과  
\*\* 연세대학교 정보저장기기센터

외부 충격이 시스템에 인가될 때, 퍼지 알고리즘이 작동하여 충돌이 예상될 경우 대충격 제어기의 작동을 중지시키고 고체침지렌즈가 초기 위치로 이동하여 충돌을 회피하도록 설계를 하였다. 퍼지 제어기의 설계 변수는 외부 충격의 크기와 지속 시간이다. 지속 시간의 경우 실시간으로 측정이 어렵기 때문에 외부 충격의 적분 신호를 추출하여 지속 시간을 대신하여 사용하였다. 그림 1과 같이 외부 충격이 인가 되면 외부 충격의 크기와 적분 값이 퍼지 제어기에 입력으로 들어가며 퍼지화기, 퍼지 기본 법칙에 의해 만들어진 퍼지 추론 엔진과 비퍼지화기를 통해 안전모드의 작동 여부를 결정하여 출력으로 작동 또는 비작동 신호를 내보내도록 되어있다.

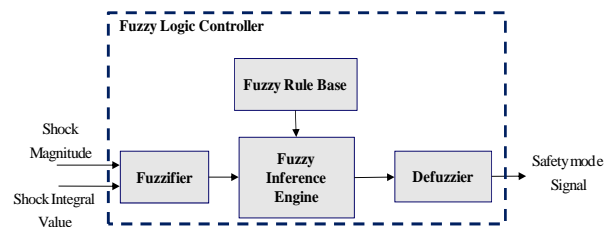
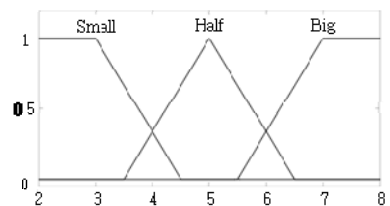
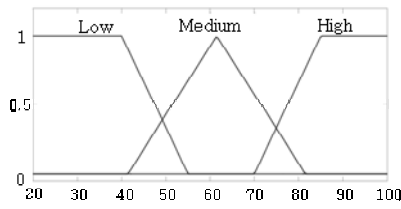


그림 1. 퍼지 알고리즘의 블록 다이어그램

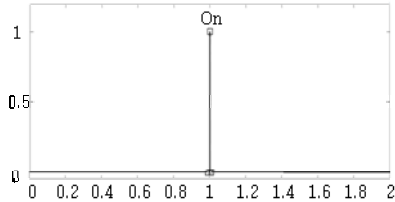
충격에 대한 시스템의 충돌 발생 여부를 판단하기 위해 모의실험을 통한 충돌 여부를 조사하였고, 분석된 자료를 통하여 그림 2와 같은 퍼지 소속 함수를 설계하였다. 또한 안전모드의 작동 여부를 결정할 퍼지 기본 법칙을 구성하였다.



(a) 외부 충격 크기에 대한 소속 함수



(b) 외부 충격 지속 시간에 대한 소속 함수



(c) 퍼지 알고리즘 출력에 대한 소속 함수

그림 2. 소속 함수

### 3. 실험 결과

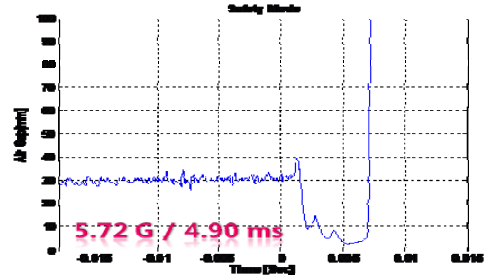
퍼지 알고리즘을 적용한 안전모드의 성능을 검증하기 위해 외부 충격을 근접장 기록 시스템에 인가하였다. 모든 실험은 LG에서 제공한 근접장 기록 시스템 데크와 DSP 보드를 통해 이루어졌다. 목표 간극과 축 방향의 디스크 외란은 각각 30 nm와  $\pm 45 \mu\text{m}$ 이다. 또한 가속도계를 스피indle 모터 근처에 장착하여 외부 충격을 측정하였다.

그림 3은 안전모드에 대한 실험 결과이다. 그림 3(a)와 그림 3(b)는 기존 안전모드와 퍼지 알고리즘이 적용된 안전모드를 비교한 것으로 각각 5.72 G/4.90 ms와 5.32 G/4.89 ms의 외부 충격이 시스템에 인가되었다. 퍼지 알고리즘이 적용된 안전모드가 기존 안전모드에 비해서  $3 \times 10^{-3}$  초 이상 빠르게 작동하여 미디어와 고체침지렌즈가 충돌할 가능성을 낮추는 것을 그래프를 통해 알 수 있다. 그림 3(c)에서는 7.89 G/0.97 ms의 외부 충격이 시스템에 인가되었을 때의 결과이다. 기존 안전모드에서는 대응하지 못했던 짧은 지속 시간의 외부 충격에 대해서도 효과적으로 대응하는 것을 그래프를 통하여 확인 할 수 있다.

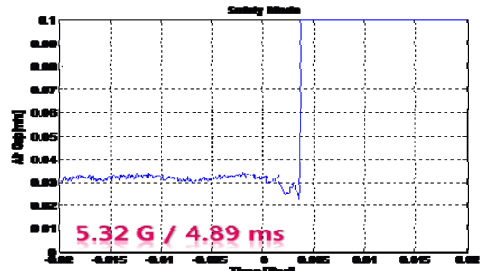
### 4. 결론

본 논문에서는 근접장 기록 시스템에 외부 충격 인가 시 미디어와 고체침지렌즈 간의 충돌을 방지하기 위해 퍼지 알고리즘을 적용한 안전 모드를 제안하였다. 퍼지 알고리즘은 외부 충격의 지속 시간과 충격량을 고려하여 설계되었다. 실험을 통하여 퍼지 알고리즘을 적용한 안전모드가 기존 안전 모드에 비해서 더 빠르게 작동하여 미디어와 고체침지렌즈간의 충돌 확률을 낮추는 것을 확인하였다. 또한

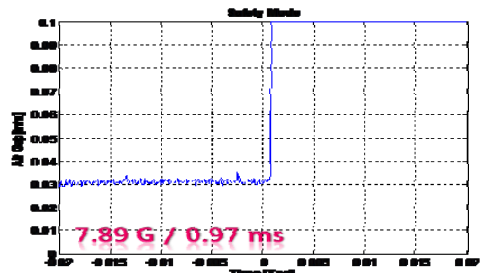
다양한 지속 시간을 갖는 외부 충격에 대하여도 유연하게 대응할 수 있음을 확인하였다.



(a) 기존 안전 모드 (5.72 G, 4.90 ms)



(b) 퍼지 적용 안전모드 (5.32 G, 4.89 ms)



(c) 퍼지 적용 안전모드 (7.89 G, 0.97 ms)

그림 3. 안전모드 실험 결과

### 후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단과 LG 전자 DS 연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0000769).

### 참고문헌

- [1] J.G. Kim, et al., "Improved Gap Control System using a Disturbance Observer for Near-Field Recording", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 47, no.7, pp 5947-5952, Jul, 2008
- [2] J.G. Kim, et al., "Improved Air Gap Controller for Solid Immersion Lens-Based Near-Field Recording Servo System", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 48, pp. 03A044-1-7, Mar, 2009
- [3] H.W. Hwang, et al., "Improvement of Protection Process Using Observer for Solid Immersion Lens-Based Near-Field Recording", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 48, pp. 03A046-1-4 Mar, 2009
- [4] L. X. Wang, A Course In Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall, 1996.